

Pengembangan Konsep Sistem Informasi Peringatan Dini Tumpahan Minyak di Pesisir Cilacap

Development of Concept for Oil Spill Early Warning Information System at Coastal Zone of Cilacap

Mardi Wibowo

Balai Pengkajian Dinamika Pantai-BPPT

Jl. Grafika No.2, SEKIP, Yogyakarta

e-mail : mardi.wibowo@bppt.go.id

Naskah diterima: 26 Februari 2013, direvisi: 10 April 2013, disetujui: 24 Mei 2013

Abstrak

Saat ini kejadian tumpahan minyak di Indonesia frekuensi dan intensitasnya semakin meningkat, termasuk di pesisir Cilacap. Salah satu upaya untuk melakukan penanggulangan tumpahan minyak yang cepat dan tepat adalah dengan membangun suatu sistem informasi peringatan dini. Dengan sistem ini diharapkan upaya penanggulangan tumpahan minyak dapat lebih efektif dan efisien. Unsur utama dalam pengembangan sistem ini adalah pembangunan basis data geofisik, biologi, sosial-ekonomi-budaya, klimatologi dan hidro-oseanografi yang meliputi data historis yang panjang. Sistem ini mengintegrasikan basis data yang telah dibangun dengan perangkat lunak untuk pemodelan hidrodinamika, tumpahan minyak (penyebaran, lintasan, dan ketebalan *slick* minyak), serta peta indeks kepekaan lingkungan. Sistem ini menampilkan informasi terkini jika terjadi tumpahan minyak, dan diharapkan dapat diakses dengan mudah oleh *stakeholders* di Kabupaten Cilacap. Dalam sistem ini Balai Pengkajian Dinamika Pantai (BPPT) berkontribusi sebagai mitra konsultasi dan pemasok informasi awal saat terjadi tumpahan minyak.

Kata Kunci: Sistem Informasi, peringatan dini, tumpahan minyak

Abstract

Currently the oil spill incidents in Indonesia are increasing in frequency and intensity, including Cilacap coastal. An early warning system is required to shortly and accurately manage oil spill incident, so the recovery can be done effectively and efficiently. The main stage in the development of this system is the development of geophysical, biological, socio-economic, cultural, hydro-climatology, and oceanography databases that includes a lengthy historical data. The system integrates databases which has been built with software for modelling hydrodynamics, oil spills (deployment, trajectory, and thickness of the oil slick), and map of environmental sensitivity index. This system displays current/real-time information whenever oil spill occurs and it can be easily accessed by stakeholders in Cilacap. In this system, the Institute of Coastal Dynamics Assessment (BPPT) contributes as a consulting partner and initial information supplier as soon as the oil spill occurs.

Keywords: Information System, early warning, oil spill

PENDAHULUAN

Saat ini kejadian tumpahan minyak di dunia maupun di Indonesia frekuensi maupun intensitasnya semakin tinggi. Kejadian tumpahan minyak besar terkini berasal dari kegiatan eksploitasi minyak di laut seperti tumpahan minyak di perairan ZEE Australia pada 21 Agustus 2009 yang lebih dikenal dengan *Montara Incident*. Kasus ini menyebabkan tercemarnya perairan Indonesia di Laut Timor dan telah menyengsarakan para nelayan di Nusa Tenggara Timur karena telah terjadi penurunan pendapatan yang signifikan. Selanjutnya kejadian tumpahan minyak di *Gulf of Mexico* pada April 2010 memberikan pembelajaran perlunya perlindungan terhadap lingkungan dan keselamatan manusia. Di Pulau Jawa kawasan yang sangat rentan terjadinya tumpahan minyak adalah kawasan pesisir Cilacap di Jawa Tengah bagian selatan. Hal tersebut dikarenakan Cilacap mempunyai kilang minyak dan pelabuhan minyak yang besar, Cilacap juga merupakan jalur lalu lintas laut yang cukup ramai (baik kapal besar maupun kapal nelayan), yang semuanya sangat berpotensi mencemari laut dan pesisir di sekitarnya (BPDP-BPPT, 2011)

Berdasarkan data yang dihimpun dari berbagai sumber, selama kurun waktu 1989 - 2011 terdapat sebanyak 16 kasus pencemaran minyak yang terjadi di perairan Cilacap. Kasus pencemaran yang terjadi 12 kasus di antaranya disebabkan kecelakaan kapal dan 4 kasus akibat kebocoran pipa. Pencemaran minyak ini dapat menyebabkan kerugian berupa kerusakan ekosistem dan penurunan kegiatan sosial ekonomi lautan (Mauludiyah, 2012).

Sebagai contoh kasus tumpahan minyak di Cilacap adalah kasus kecelakaan kapal tanker King Fisher yang membawa 600.000 barel minyak mentah pada April tahun 2000 yang mencemari perairan Teluk Cilacap, Jawa Tengah. Pencemaran minyak terjadi sepanjang 10 kilometer mulai dari Area 70 di wilayah Kelurahan Cilacap, Pantai Teluk Penyu - Pantai Tegal Kamulyan - Lengkong (Pristiyanto, 2000).

Kasus tumpahan minyak, meskipun tidak terlalu besar, juga terjadi akibat kebocoran pipa dari kapal tanker Alenza XXVII di 30 km lepas pantai Cilacap yang sedang membongkar minyak Arabic Light Crude Oil (ALC) yang terjadi pada awal Juli 2011 (pikiran-rakyat. com, 2011)¹. Dan yang terakhir terjadi pada awal September 2011, dimana terjadi tumpahan minyak di sekitar dermaga CIB 2 Pertamina UP IV Cilacap, di mana terjadi kebocoran pipa pembuangan kapal MT Medelin Atlas yang sedang bongkar muat *Arabian Light Crude Oil (ALC)* (Wagino, 2011).

Seperti diketahui bahwa tumpahan minyak sangat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kehidupan manusia di sekitarnya. Oleh karena itu kejadian tumpahan minyak di laut harus sesegera mungkin ditanggulangi sebelum menyebar luas dan tidak terkendali dengan tujuan penyelamatan lingkungan dan juga peri kehidupan manusia. Sebenarnya pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 109 tahun 2006 tentang Penanggulangan Keadaan Darurat Tumpahan Minyak di Laut yang mengamanatkan perlunya penanggulangan tumpahan minyak yang cepat, tepat dan terukur. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melakukan penanggulangan tumpahan minyak yang cepat dan tepat adalah dengan membangun suatu sistem peringatan dini.

Selama ini telah mulai dikembangkan sistem peringatan dini tumpahan minyak dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh yang menghasilkan citra (*image*) sebaran tumpahan minyak, salah satunya adalah dengan citra *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Kelemahan sistem ini adalah setelah terjadi tumpahan minyak harus melakukan pemotretan untuk memperoleh citra yang diinginkan, untuk daerah luas waktu dan biaya yang dibutuhkan sangat besar. Selain itu Hadi dan Latief (2008) telah mengembangkan model matematika dan menerapkan sistem informasi

¹ Minyak Cemari Pantai Cilacap, Nelayan Minta Ganti Rugi. <http://www.pikiran-rakyat.com/node/151697>

geografi untuk peringatan dini penanggulangan tumpahan minyak di Selat Malaka, Selat Lombok dan Selat Makasar. Dengan bertitik pangkal pada hasil pengembangan sistem tersebut dengan beberapa modifikasi, maka penulis mencoba mengembangkan sistem peringatan dini tumpahan minyak di pesisir Cilacap. Hal ini didukung lagi oleh hasil kajian BPDP-BPPT yang telah menyusun peta indeks kepekaan lingkungan di pesisir Cilacap akibat tumpahan minyak serta pemodelan tumpahan minyak di pesisir Cilacap dengan paket perangkat lunak MIKE-21. Beberapa hal tersebut apabila digabungkan akan sangat bermanfaat untuk penanggulangan tumpahan minyak.

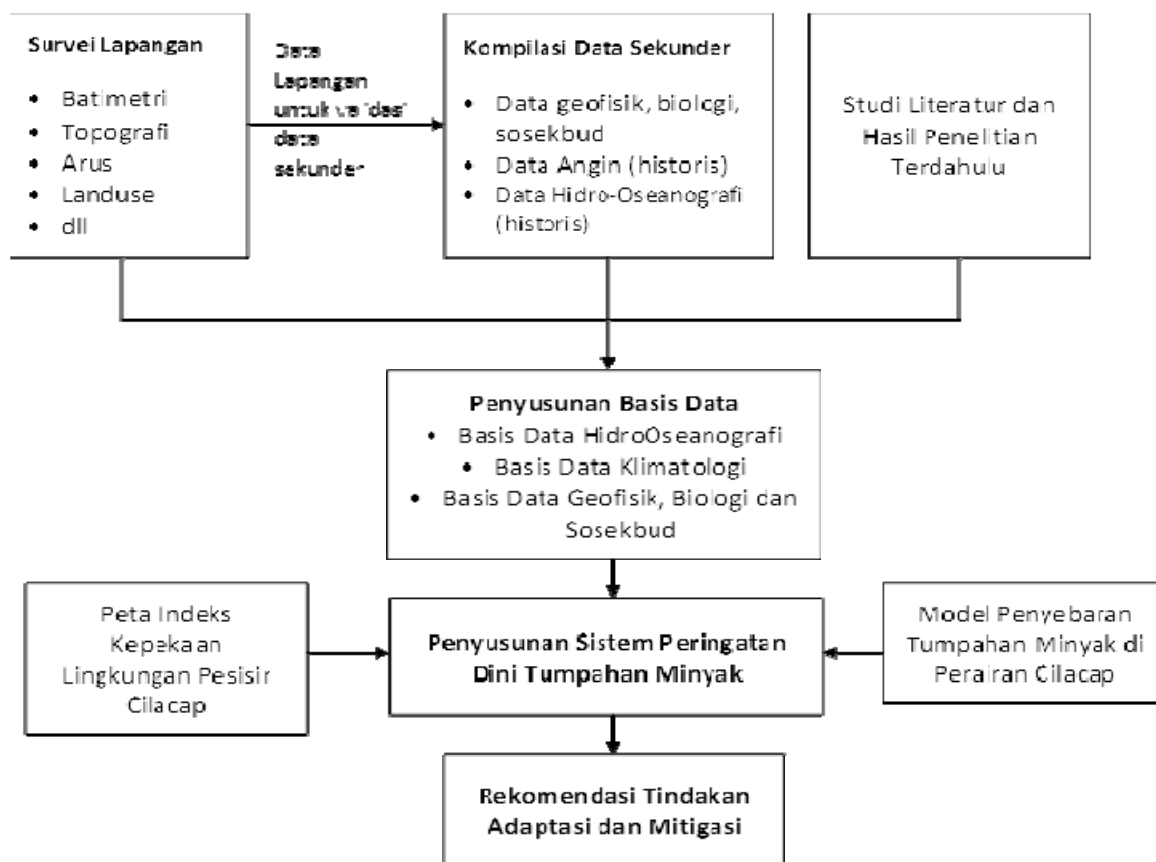
Berdasarkan hal-hal yang diuraikan di atas, maka perlu dikembangkan suatu sistem informasi peringatan dini tumpahan minyak untuk meminimalisir dampak dan risiko yang mungkin terjadi di kawasan pesisir Cilacap.

Tulisan ini bertujuan untuk membangun konsep sistem informasi peringatan

dini tumpahan minyak untuk kawasan pesisir Cilacap dan menekankan arti pentingnya sistem ini dalam upaya penanggulangan tumpahan minyak. Dengan sistem ini diharapkan upaya penanggulangan tumpahan minyak di kawasan ini dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Konsep sistem ini mencoba mengintegrasikan beberapa basis data (geofisik, biologi, sosial, ekonomi, budaya dan basis data klimatologi serta hidro-oseanografi) yang dibangun dengan pemetaan indeks kepekaan lingkungan dan simulasi & pemodelan sebaran tumpahan minyak di pesisir Cilacap.

METODE

Dalam kajian ini selain dilakukan survei lapangan untuk pengumpulan data juga sangat diperlukan data sekunder sebagai data sejarah (*historical data*) dari instansi terkait dan peneliti-peneliti terdahulu. Tahapan kegiatan yang dilaksanakan dalam kajian ini terlihat seperti pada Gambar 1. Untuk mem-



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

bangun sistem informasi peringatan dini yang komprehensif, sistem ini harus diintegrasikan dengan pemodelaan penyebaran tumpahan minyak dan peta indeks kepekaan lingkungan di pesisir Cilacap. Dalam melaksanakan kegiatan ini peralatan yang dipakai antara lain adalah:

- a. *Echosounder* untuk survei *bathymetri*.
- b. RTK/DGPS untuk survei topografi.
- c. ADCP untuk survei data arus.
- d. Kompas, GPS, Kamera digital.
- e. Komputer dan sistem pendukungnya.
- f. Perangkat lunak pemodelan (MIKE 21 dan software Sistem Informasi Geografi: ArcView 3.3 dan Global Mapper 11).

Data awal yang kemudian divalidasi dengan survei lapangan untuk mendukung pembangunan sistem informasi peringatan dini ini adalah :

- a. Peta Batimetri perairan di pesisir Cilacap (GITEWS, 2010).
- b. Peta dasar untuk Sistem Informasi Geografi (BAKOSURTANAL, 2000).
- c. Peta indeks kepekaan lingkungan pesisir Cilacap (BPDP-BPPT, 2011b).
- d. Konstanta pasut dan data elevasi muka air yang diperoleh dari beberapa stasiun pasut di Cilacap (IOC, 2012).
- e. Data Angin (BMKG, 2012).
- f. Data tumpahan minyak di perairan Cilacap (berbagai sumber terutama media cetak lokal maupun nasional).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangunan Basis Data

Basis data adalah bagian penting dari sistem ini untuk mengintegrasikan model hidrodinamika dan penyebaran tumpahan minyak pada pemanfaatannya dalam sistem informasi peringatan dini saat terjadi tumpahan minyak yang sebenarnya. Oleh karena itulah perlu dibangun suatu basis data yang lengkap dan selalu diperbarui berdasarkan data sekunder yang berhasil dikumpulkan, ditambah, dan divalidasi berdasarkan data primer hasil survei lapangan untuk kawasan

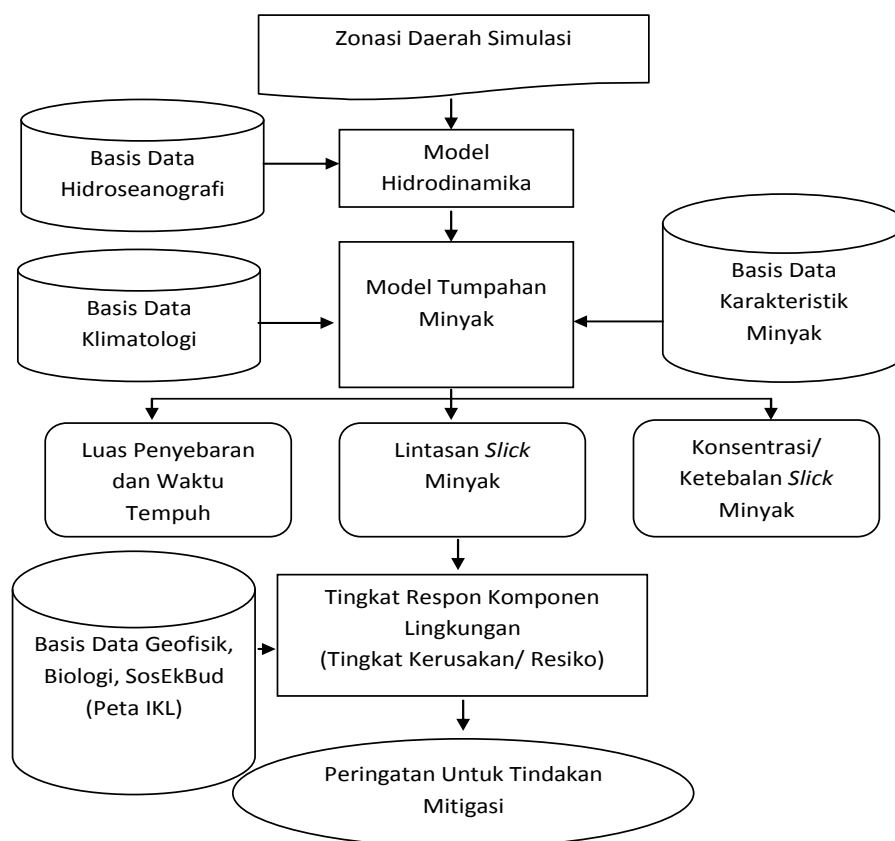
pesisir Cilacap. Selain itu perlu dibangun basis data pendukung yang berperan langsung dalam model penyebaran tumpahan minyak tersebut, seperti: data minyak yang tumpah, data pasang surut, data arus, data angin, data tata guna lahan, serta data daerah-daerah sumber daya laut dan pantai yang rawan terhadap pencemaran minyak (indeks kepekaan lingkungan).

Dari data tersebut selanjutnya didesain beberapa basis data yang digunakan untuk membangun seperangkat sistem informasi untuk peringatan dini tumpahan minyak. Sistem ini terdiri dari empat subsistem utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

a. Basis Data Hidro-Oseanografi Perairan Cilacap

Subsistem data ini diperoleh dari hasil simulasi model hidrodinamika pada suatu model (kecil) yang disimpan untuk setiap jam dari hasil pacu (*runing*) model selama dua siklus pasut purnama (*spring*) dan dua siklus pasut perbani (*neap*) atau sekitar satu bulan dengan 696 set data arus. Setiap data akan berkorelasi dengan indeks elevasi muka laut saat masing-masing arus jam-jam itu terjadi. Selanjutnya indeks elevasi ini digunakan saat mencari pola elevasi pasut yang sama saat terjadinya tumpahan minyak, sehingga dalam kondisi tumpahan minyak yang sebenarnya (*an actual oil spill condition*) dapat ditiru *secara real time*. Elevasi muka laut yang akan dibandingkan dengan indeks elevasi simulasi arus didapatkan dari hasil ramalan pasut pada simulasi model hidrodinamika pada saat terjadi tumpahan minyak. Selain data elevasi muka air laut dalam sub-sitem ini perlu juga disimpan data-data tentang karakteristik air laut di Cilacap seperti suhu harian, salinitas, tinggi gelombang, debit air sungai yang masuk ke dalam perairan Cilacap. Data debit sungai ini dapat diambil dari data hidrograf sungai yang diperoleh dari instansi Balai Besar DAS Serayu dan Citanduy.

Pengembangan Konsep Sistem Informasi Peringatan Dini Tumpahan Minyak di Pesisir Cilacap
(Mardi Wibowo)



Gambar 2. Integrasi Empat Sub-Sistem Basis Data

b. Basis Data Klimatologi

Data klimatologi yang paling utama adalah data angin. Data angin yang disimpan dalam subsistem ini adalah data angin per jam (jika tersedia) di sekitar daerah lokasi model. Jika data tersebut tidak tersedia maka dapat dilakukan dengan menyimpan data kembang angin (*windrose*) bulanan, yang sewaktu-waktu dapat dipanggil jika terjadi tumpahan minyak pada bulan yang bersesuaian. Selain itu perlu juga disimpan data suhu udara harian dan kelembaban udara.

c. Basis Data Geofisik, Biologi dan Sos-Ek-Bud

Subsistem ini adalah komponen sangat penting bagi seluruh komponen sistem ini, yang digunakan untuk dapat menyeleksi suatu daerah kerja tertentu yang ada dalam region di atas dengan peta berlatar belakang warna dan dapat diperbesar (*zooming*) sesuai dengan ke-

inginan pengguna. Subsistem ini menampilkan potensi dari wilayah yang akan terkena dampak akibat adanya tumpahan minyak. Subsistem ini sangat menentukan daerah yang paling berisiko (yang mengalami kerugian paling besar) jika terjadi tumpahan minyak. Umumnya subsistem ini diintegrasikan secara khusus atau bahkan sudah diwujudkan tersendiri dalam bentuk peta Indeks Kepekaan Lingkungan (IKL) yang menggambarkan kemudahan/ potensi kehilangan nilai ekonomi, sosial, fisik dan biologi dari lahan yang ada dan tersedia di dalam daerah model. IKL disusun untuk mengetahui tingkat karakteristik dan *features* kepekaan (*sensitivity*) dan kerentanan (*vulnerability*) sumberdaya yang ada di pesisir.

d. Basis Data Karakteristik Minyak

Subsistem ini terutama menyimpan data-data yang terkait dengan karakteristik

minyak yang sering tumpah ataupun yang paling umum berada di pesisir Cilacap. Data karakteristik minyak tersebut adalah viskositas, temperatur, komposisi (fraksi: parafin, *aromatic*, residual, komponen volatil), proses komponen minyak yang terevaporasi, *maximum water content* (% berat), *asphaltenes content* (% berat), *wax content* (% berat), dll. Integrasi keempat subsistem di atas ditampilkan melalui animasi tumpahan minyak yang dilengkapi dengan indikator yang berbeda jika sebaran tumpahan minyak mencapai suatu lokasi pantai yang mempunyai indeks kepekaan lingkungan yang sudah dianggap berbahaya.

Simulasi dan Pemodelan Tumpahan Minyak

Minyak yang tumpah ke atas permukaan air cenderung untuk menyebar ke luar sehingga membentuk suatu lapisan yang tipis. Kecenderungan untuk menyebar ini merupakan pengaruh dua gaya fisis yaitu gaya gravitasi dan tegangan permukaan. Dalam gerakannya yang menyebar itu tumpahan minyak diperlambat oleh gaya inersia dan gaya viskos. Tujuan utama dari simulasi dan pemodelan tumpahan minyak ini pada dasarnya untuk mengetahui "*fate*" dari tumpahan minyak di laut baik transpornya maupun arah pergerakannya dari sumber tumpahan sampai ke lokasi tertentu. Dalam kajian ini, simulasi dan pemodelan tumpahan minyak dilakukan dengan menggunakan paket perangkat lunak yang sudah jadi yaitu MIKE-21 Modul Particle/Spill Analysis dari DHI Denmark.

Dalam sistem ini, format database yang dibangun harus disesuaikan dan kompatibel dengan perangkat lunak yang dipakai.

Peta Indeks Kepekaan Lingkungan

Peta IKL pada dasarnya menggambarkan kemudahan/ potensi kehilangan nilai ekonomi, sosial, fisik dan biologi dari lahan yang ada. Suatu kawasan akan mengalami perubahan yang berbeda dan kawasan lain meskipun menerima tumpahan minyak yang

sama. Peta ini penting dalam sistem peringatan dini sebagai dasar untuk penentuan prioritas penanggulangan. Semakin tinggi nilai IKL berarti semakin besar potensi perubahan kawasan tersebut akibat adanya tumpahan minyak. Sebagian besar kawasan pesisir Cilacap tergolong peka dan sangat peka terhadap tumpahan minyak (BPDP-BPPT, 2011). Ini berarti potensi perubahan dan kehilangan nilai sebagian besar kawasan di pesisir Cilacap sangat besar jika terkena tumpahan minyak).

Sistem Informasi Peringatan Dini Tumpahan Minyak

Di era teknologi informasi modern saat ini, sangat penting untuk memberikan informasi yang cepat-tepat-akurat sesaat setelah terjadi tumpahan minyak. Oleh karena itu, sistem peringatan dini (*early warning system*) dirancang dari pengintegrasian model tumpahan minyak, peta indeks kepekaan lingkungan dan pengorganisasian basis data komputer. Sistem ini secara konstan menyajikan data dan pergerakan minyak yang tumpah; arah gerak dan daerah yang terpengaruh (terkena tumpahan minyak); serta waktu pergerakan (*travel time*) yang dibutuhkan sampai ke pesisir pantai. Sistem ini juga menampilkan informasi terkini yang siap dan mudah untuk diakses, dan dapat diinteraksikan dengan instansi-instansi yang berkepentingan dan seluruh pemangku jabatan di Kabupaten Cilacap seperti: BAPEDAL, TNI, HUBLA, universitas dan lembaga riset lainnya, instansi daerah, BLH, Dinas Kelautan, Perikanan dan Pengelola Sumberdaya Segara Anakan (DKPPSSA), Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Pelindo Cilacap, Pelabuhan Perikanan Samudra Cilacap (PPSC), Pertamina, Dinas Pariwisata, Kelompok Nelayan, dll.

Pengembangan sistem manajemen basis data ini didesain untuk dapat digunakan dalam personal komputer (PC) dan disiapkan agar data pendukung dalam pemodelan

tumpahan minyak ini siap dikirim atau diakses bagi para peneliti atau pemangku kepentingan yang mencari atau menggunakan data dan informasi yang telah tersedia.

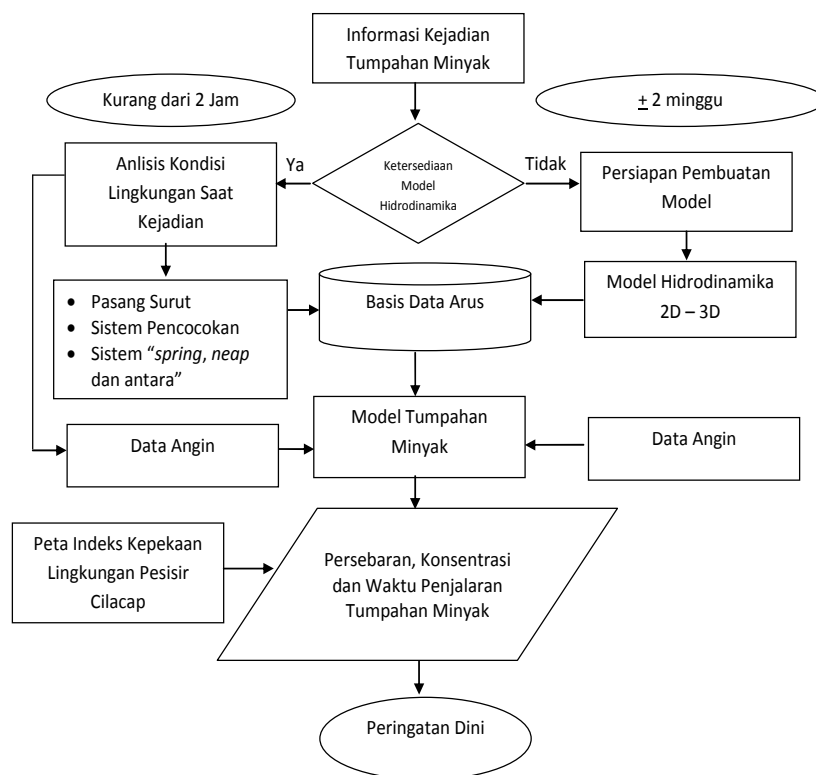
Manajemen penggunaan waktu dan memori komputer yang diperlukan untuk menjalankan *software* sistem peringatan dini ini sangat diperhatikan. Untuk saat ini, estimasi waktu diperlukan untuk menghasilkan informasi perilaku suatu kejadian tumpahan minyak dapat dibagi dalam dua skenario (Hadi dan Latief, 2008) :

1. Skenario di mana lokasi tempat terjadi tumpahan minyak telah tersedia basis data arus, angin dan basis data + perilaku pergerakan dan waktu tiba dari suatu kejadian tumpahan minyak sudah dapat diproduksi. Hal-hal yang dilakukan dalam skenario ini adalah analisis kondisi lingkungan baik kondisi pasang surut (pasut) maupun angin. Kondisi pasut dianalisis melalui hasil ramalan pasut dari

komponen-komponen pasut di daerah model tersebut.

2. Skenario di mana lokasi kejadian tumpahan minyak, sama sekali belum dilakukan pemodelan hidrodinamika, maka sebelum memodelkan penyebaran tumpahan minyak tersebut, terlebih dahulu harus dibuat basis data arusnya dari model hidrodinamika dan menyiapkan data angin. Selanjutnya perangkat lunak tumpahan minyak ini dapat digunakan secara langsung tanpa harus melalui proses pencocokan. Pada skenario ini dimodifikasi dimana waktu yang diperlukan sekitar 2 minggu, dan waktu ini dapat dipersingkat menjadi 1 minggu jika data-data sekunder telah tersedia di basis data.

Secara garis besar diagram alir dan waktu yang dibutuhkan untuk peringatan dini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pelaksanaan Sistem Peringatan Dini
(Sumber: Hadi dan Latief, 2008 dengan modifikasi)

Sistem Kelembagaan

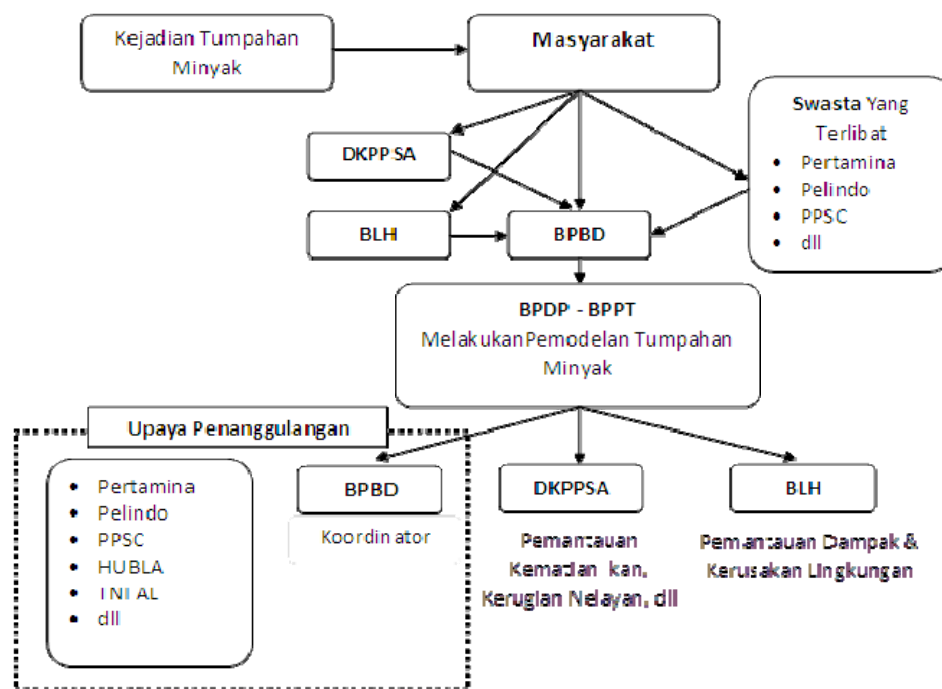
Dalam suatu sistem informasi peringatan dini terhadap suatu bencana, sangat diperlukan koordinasi dan keterpaduan gerak langkah dari seluruh para pihak yang terkait. Tindak lanjut penanganan dan penanggulangan bencana tumpahan minyak maka memerlukan koordinasi dan pembagian wewenang dari pemerintah serta instansi yang terkait (*stakeholders*). Dalam tingkat operasional, pembagian wewenang tersebut diusulkan seperti pada Gambar 4. Dalam skema tersebut Balai Pengkajian Dinamika Pantai (BPDP) - BPPT berkontribusi sebagai mitra konsultasi dan pemasok informasi dini dari tumpahan minyak tersebut, dimana pengolahan data awalnya bekerja sama dengan pemerintah daerah Kabupaten Cilacap khususnya BPBD dan BLH.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

Pertama, saat ini kejadian tumpahan minyak di Indonesia frekuensi dan intensitasnya semakin meningkat termasuk di perairan Cilacap, Jawa Tengah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi risiko akibat tumpahan minyak yang cepat dan tepat adalah dengan membangun suatu sistem informasi peringatan dini.

Kedua, pengembangan konsep sistem informasi peringatan dini pada dasarnya adalah mengintegrasikan basis data geofisik, biologi, sosial-ekonomi-budaya, klimatologi dan hidro-oseanografi yang meliputi data historis



Keterangan :

DKPPSA: Dinas Kelautan Perikanan dan Pengelola Segara Anakan

BLH : Badan Lingkungan Hidup

BPBD : Badan Penanggulangan Bencana Daerah

BPDP : Balai Pengkajian Dinamika Pantai – BPPT

PPSC : Pelabuhan Perikanan Samudra Cilacap

HUBLA : Perhubungan Laut

Gambar 4. Sistem Kelembagaan Peringatan Dini Tumpahan Minyak di Kab. Cilacap

yang cukup panjang dengan perangkat lunak untuk melakukan pemodelan hidrodinamika (perilaku perairan laut) dan pemodelan tumpahan minyak (penyebaran, lintasan dan ketebalan *slick* minyak) serta peta indeks kepekaan lingkungan.

Ketiga, dengan sistem peringatan dini ini diharapkan pergerakan tumpahan minyak ke kawasan-kawasan yang peka dan sangat peka terhadap tumpahan minyak dapat diketahui dengan cepat dan tepat sehingga upaya untuk meminimalisasi risiko yang mungkin timbul dapat dilakukan sedini mungkin.

Keempat, dalam penerapan suatu sistem informasi peringatan dini terhadap suatu bencana, sangat diperlukan koordinasi dan keterpaduan gerak langkah dari seluruh para pihak yang terkait (*stakeholders*). Sistem kelembagaan dalam konsep sistem informasi peringatan dini terhadap tumpahan minyak melibatkan seluruh *stakeholders* di Kabupaten Cilacap dengan BPDP sebagai mitra konsultasi dan pemasok informasi awal tumpahan minyak tersebut yang kemudian ditindaklanjuti tahap penanggulangan yang dipimpin oleh BPDP.

DAFTAR PUSTAKA

- BAKOSURTANAL. *Peta Rupabumi Digital Indonesia Skala 1 : 25.000 Lembar 1308-341 (Nusawungu), Lembar 1308-332 (Kroya), Lembar 1308-331 (Cilacap), 1308-224 (Gunung Petepagar), Lembar 1308-242 (Pengolahan), Lembar 1308-241 (Kali Pucang), Lembar 1308-313 (Banyupapal)*. Bogor : Bakosurtanal, 2000.
- BMKG. *Informasi Meteorologi Maritim*. Diakses 15 Oktober 2012. http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/stasiun_maritim/8.
- BPDP-BPPT. *Technical Document : Pemodelan Persebaran Tumpahan Minyak di Kawasan Pesisir Cilacap*, Program Kajian Pengelolaan Kawasan Pesisir Untuk Mitigasi dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim/ Bencana Pantai. Laporan Internal., Yogyakarta : BPDP, 2011a.
- BPDP-BPPT. *Laporan Akhir : Pemetaan Environmental Sensitivity Index Kawasan Pesisir Cilacap Untuk Meminimalisasi Resiko Akibat Pencemaran Minyak*. Yogyakarta: BPDP, 2011b.
- GITEWS. *Dokumentasi Teknis : Peta Bahaya Tsunami untuk Kabupaten Cilacap (Peta Bahaya Tsunami Multi-skenario untuk Kabupaten Cilacap, Sekala 1:100.000; Peta Bahaya Tsunami Multi-skenario untuk Kota Cilacap, Sekala 1:30.000)*, GITEWS (German Indonesia Tsunami Early Warning System) dan Pemerintah Kabupaten Cilacap, 2010
- Hadi, S., and Latief, H., *Pemodelan Tumpahan Minyak, Peringatan Dini Penanggulangan, Dan Analisis Tingkat Kerusakan Lingkungan Di Indonesia - Pengembangan Model Matematik Dan Penerapan Sistem Informasi Geografis Untuk Menunjang Rencana Strategis Penanggulangan Tumpahan Minyak Di Selat Malaka, Selat Lombok Dan Selat Makasar*, Makalah Lepas di Lab. Oseanografi Pantai. Bandung: FIKTM ITB, 2008.
- IOC. "Sea Level Station Monitoring Facility : Sea Level at Cilacap Station". Diakses 1 Oktober 2012. <http://ioc-sealevelmonitoring.org/station.php?code=cili>.
- Mauludiyah, *Estimasi Biaya Kerugian Akibat Tumpahan Minyak di Perairan Cilacap*, Thesis Program Magister, Bidang Keahlian Teknik Manajemen Pantai Program Studi Teknologi Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (tidak dipublikasikan). 2012.
- Pristiyanto, D. "Tanker MT King Fisher Kandas, Teluk Cilacap Tercemar Minyak". 5 April 2000 Diakses tanggal 10 Juli 2012. <http://kompas.com/kompas-cetak/0004/05/IPTEK/tang10.htm>.
- Wagino. "Minyak Tumpah Di Perairan Cilacap Akibat Pipa Bocor". 12 September 2011, pukul 17:35 WIB. Diakses tanggal 15 Oktober 2012. <http://cilacapmedia.com/index.php/seputar-cilacap/1650-minyak-tumpah-di-perairan-cilacap-akibat-pipa-bocor.html>

Sumber Internet:

Pikiran-rakyat.com. "Minyak Cemari Pantai Cilacap, Nelayan Minta Ganti Rugi". Diakses 12 Juli 2011. [http:// www.pikiran-rakyat.com/node/151697](http://www.pikiran-rakyat.com/node/151697)